

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-63222

(43)公開日 平成5年(1993)3月12日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 31/04

21/302

Z 7353-4M

H 0 1 S 3/00

B 8934-4M

7376-4M

H 0 1 L 31/ 04

S

審査請求 未請求 請求項の数1(全 5 頁)

(21)出願番号

特願平3-253174

(22)出願日

平成3年(1991)9月3日

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地

(72)発明者 細川 弘

守口市京阪本通2丁目18番地 三洋電機株式会社内

(72)発明者 木山 精一

守口市京阪本通2丁目18番地 三洋電機株式会社内

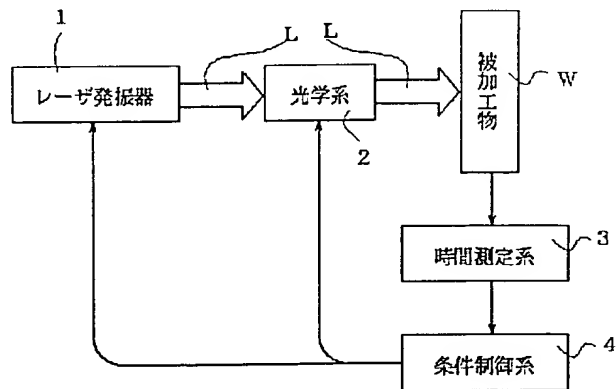
(74)代理人 弁理士 鳥居 洋

(54)【発明の名称】 光起電力装置の製造装置

(57)【要約】

【目的】 被加工物の膜構成のバラツキの如何にかかわらず、常に最適な加工条件下でエネルギービーム加工を行うことのできる光起電力装置の製造装置を提供する。

【構成】 レーザ発振器1からのレーザビームLを光学系2を介して被加工物Wの被加工領域に照射し、この被加工領域を除去する工程において、時間測定手段3が、常時被加工物Wに対するレーザビームLの照射開始時から被加工領域の除去完了までに要する時間を測定する。条件制御手段4が、時間測定手段3の測定結果を、予め設定した被加工領域の除去に要する最適値と比較しつつ、この最適値に一致するようにレーザビームLの照射条件を逐次変化させていく。これにより、最適な照射条件下での被加工領域の除去を被加工物W全面にわたって実現する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザビームを被加工物の被加工領域に照射して、この被加工領域を除去する工程を行う光起電力装置の製造装置において、前記レーザビームの照射開始時から前記被加工領域の除去完了までの時間を測定する時間測定手段と、この時間測定手段により測定された時間に基づき、前記レーザビームの照射条件を最適化する条件制御手段とを備えてなることを特徴とする光起電力装置の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、光起電力装置の製造工程において、エネルギービーム特にレーザビームの照射により被加工領域を除去する工程を実施する光起電力装置の製造装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光起電力装置において、特開昭57-12586号公報に開示される先行技術は、レーザビーム照射により被加工領域を除去するものであって、微細加工性に優れた製造手法であり、この技法を用いた製造装置としては、例えば図6に示すような構成のものがあ

る。

【0003】 この製造装置において、レーザ発振器aから出射されるレーザビームbは、光学系cを介して被加工物である光起電力装置Wに照射されて、この光起電力装置Wの半導体膜等が選択的に除去されるが、この半導体膜等を除去するに際しては、除去されるべき半導体膜等を完全に除去すべく、そのエネルギー密度等の加工条件が厳格に設定されていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、この加工条件は、調整手段がなく調整不可能であることから、以下に述べるような問題があった。

【0005】 すなわち、除去されるべき半導体膜等を完全に除去し、かつこの半導体膜等の下層に損傷を与えることのない最適なレーザビームのエネルギー密度等の加工条件は、光起電力装置Wにおける被加工領域の膜構成により決定されるところ、この膜構成における材質や膜厚等は、実際上バラツキがあって完全には均一でない。

【0006】 したがって、このように膜構成が不均一な光起電力装置Wの各被加工領域に対して、一定の加工条件下にレーザ加工が行われると、上記膜厚等のバラツキによって、被加工領域に加工不良を生じていた。

【0007】 例えば、必要とされるレベルよりも高いエネルギー密度のレーザビームを照射した場合は、所望する被加工領域を超えた下層の領域が除去されるなど悪影響が生じる。一方、必要とされるレベルよりも低いエネルギー密度のレーザビームを照射した場合は、所望する被加工領域内で除去されない部位が生じてしまう。そして、これら加工不良はいずれも、光起電力装置の性能を低下

させる原因となっていた。

【0008】 以上のような問題は、レーザビーム以外の他のエネルギービームを使用したものにおいて共通して生じていた。

【0009】 この発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたものであって、被加工物の膜構成のバラツキの如何にかかわらず、常に最適な加工条件下でエネルギービーム加工を行うことのできる光起電力装置の製造装置の提供を目的とする。

10 【0010】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、この発明の製造装置は、レーザビームを被加工物の被加工領域に照射して、この被加工領域を除去する工程を行うものであって、前記レーザビームの照射開始時から前記被加工領域の除去完了までの時間を測定する時間測定手段と、この時間測定手段により測定された時間に基づき、前記レーザビームの照射条件を最適化する条件制御手段とを備えてなることを特徴とする。

【0011】

20 【作用】 この発明の製造装置によれば、時間測定手段が、常時被加工物に対するレーザビームの照射開始時から被加工領域の除去完了までに要する時間を測定し、条件制御手段が、時間測定手段の測定結果を、予め設定した被加工領域の除去に要する最適値と比較しつつ、この最適値に一致するようレーザビームの照射条件を逐次変化させていき、これにより、最適な照射条件下での被加工領域の除去を光起電力装置全面にわたって実現する。

【0012】 つまり、被加工領域はレーザビーム照射により昇温して、除去される。この場合、高エネルギー密度のレーザビーム照射時は、被加工領域の温度上昇が早く、短時間で除去される。これに対し、低エネルギー密度のレーザビーム照射時は、被加工領域の温度上昇が遅く、レーザビーム照射開始時から除去までの時間は長くなる。

【0013】 したがって、この発明では、レーザビーム照射開始時から被加工領域除去までの時間を測定し、入射パワー密度の過不足を判定、調整することで、被加工領域の除去に適したパワー密度を与えることができる。

【0014】

40 【実施例】 以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。

【0015】 実施例1

この発明に係る光起電力装置の製造装置の構成を図1および図2に示し、この製造装置は、エネルギービームとしてレーザビームLを用いたものであって、基本構成としてのレーザ発振器1および光学系2と、これら基本構成1、2を自動制御する時間測定手段3および条件制御手段4からなる制御装置とを備えてなる。

【0016】 加工用レーザ発振器1として、図示例においてはQスイッチ付YAGレーザが使用されており、こ

の加工用レーザ1のレーザビームLの発射タイミングは、トリガ発生器10からのトリガパルスにより制御される。

【0017】光学系2は、加工用レーザ1からのレーザビームLを反射するハーフミラー11aと、レーザビームLを集光する集光レンズ11bとを備え、上記加工用レーザ1から発射されるレーザビームLは、これらハーフミラー11aおよび集光レンズ11bを介して、被加工物Wに照射される。

【0018】時間測定手段3は、レーザビームLの照射開始時から被加工物Wにおける被加工領域の除去完了までの時間を測定するためのもので、図示例においては、時間測定用ビームとしてHe-Neレーザ5が用いられている。

【0019】このHe-Neレーザ5から発射される測定用レーザビームMは、集光レンズ12を介して被加工物Wの被加工領域に照射されるとともに、この被加工領域を通過するレーザビームMが、集光レンズ13を介して検出器であるフィルタ付ピンフォトダイオード6に照射される。ピン・フォト・ダイオード6は、この照射量に応じた信号を増幅器7を介してデジタル・ストレージ・オシロスコープ8へ送り、これにより、現在の加工用レーザ照射開始時より被加工領域の除去までの時間が測定される。

【0020】また、これと並行して、上記加工用レーザ1からのレーザビームLの照射量がピンフォトダイオード9により検出されて、この検出信号も上記オシロスコープ8へ送られる。このオシロスコープ8の表示内容については後述する。

【0021】条件制御手段4は、レーザビームLの照射条件を上記被加工領域の加工に最適な状態に自動調整するためのもので、上記時間測定手段3からの測定結果データに基づき、最適な照射条件に対する現在の加工条件を比較判断しつつ、この条件が最適値となるように、上記加工用レーザ1および光学系2を制御する。

【0022】条件制御手段4により制御されるものとしては、図示例においては、加工用レーザ1の加工速度や光学系2の焦点ずらし量等であるが、このほか加工用レーザ1や光学系2以外に働きかけることにより加工条件の最適化を図ってもよい。

【0023】同時時間測定手段により検出される信号例を示す。図3は、上記オシロスコープ8の表示内容を示し、透明電極上に半導体膜を形成した被加工物Wに照射される加工用レーザビームLの強度と、このときの被加工物Wの被加工領域を通過する測定用レーザビームMの強度が表示される。

【0024】図3において、I。はそれぞれ被加工物Wに照射した加工用レーザビームLのパワー密度であり、半導体膜の選択加工に対し、上から、最適より強、最適、および最適より弱のパワー密度が表示されている。

【0025】なお、この図において、He-Neレーザ5の強度が、被加工物Wの半導体膜加工により一度低下した後、再び上昇しているが、これは、半導体膜溶融に伴う、He-Neレーザ5の過透の減少と、それに引き続いて起こる半導体膜除去に伴う、He-Neレーザ5の透過の増大を示している。よって、このHe-Neレーザ5の透過光の強度をみることにより、被加工領域の除去される時間を測定することができる。

【0026】また、He-Neレーザ5の透過光の強度の変化は、加工用レーザ1のパワー密度が強いほど急激に起こっており、このことは、加工用レーザ1のパワー密度が強いほど短時間で被加工領域の除去が起こっていることを示している。

【0027】よって、上記条件制御手段4により、被加工領域の除去が起こる時間を最適なパワー密度における時間と一致させるべく上記加工条件を調整することで、最適な加工条件における加工を、被加工物Wの膜構成のバラツキによらず実現することができることになる。

【0028】而して、加工用レーザ（レーザ発振器）1からのレーザビームLを光学系2を介して被加工物Wの被加工領域に照射し、この被加工領域を除去する工程において、時間測定手段3が、常時、被加工物Wに対するレーザビームLの照射開始時から被加工領域の除去完了までに要する時間を測定し、条件制御手段4が、時間測定手段3の測定結果を、予め設定した被加工領域の除去に要する最適値と比較して現在の加工条件を判断し、これが上記最適値に一致するよう加工用レーザ1や光学系2等を制御して、レーザビームLの照射条件を逐次変化させていく。これにより、最適な照射条件下での被加工領域の除去が被加工物W全面にわたって行われることとなる。

【0029】実施例2

本例は図4に示し、時間測定手段3が、被加工物Wの被加工領域を透過する加工用レーザビームLの強度を測定するように構成されたものである。

【0030】すなわち、被加工物Wの背面側において、上記レーザビームLの照射方向に対向してピンフォトダイオード6が配置されており、これがレーザビームLの被加工領域の透過量に応じた信号を図2のオシロスコープ8へ送り、これにより、現在の加工用レーザ照射開始時から被加工領域の除去までの時間が測定されることとなる。その他の構成および作用は実施例1と同様である。

【0031】実施例3

本例は図5に示し、時間測定手段3が、被加工物Wの被加工領域を反射する測定用レーザビームMの強度を測定するように構成されたものである。

【0032】すなわち、上記被加工領域に測定用レーザビームMを斜め上方から照射する一方、被加工物Wに対する測定用レーザビームMの反射方向に対向してピンフ

フォトダイオード6が配置されている。そして、加工用レーザービームLによる被加工領域除去に伴う上記測定用レーザービームMの反射量に応じた信号が、ピンフォトダイオード6から図2のオシロスコープ8へ送られて、現在の加工用レーザー照射開始時から被加工領域の除去までの時間が測定されることとなる。その他の構成および作用は実施例1と同様である。

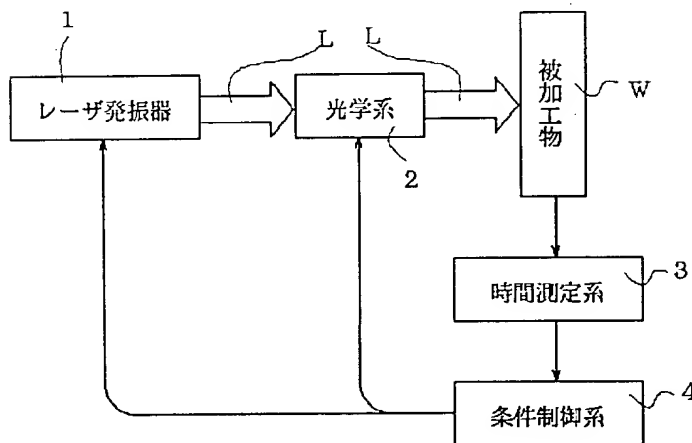
【0033】

【発明の効果】以上詳述したように、この発明によれば、レーザービームの照射開始時から前記被加工領域の除去完了までの時間を測定する時間測定手段と、この時間測定手段により測定された時間に基づき、前記レーザービームの照射条件を最適化する条件制御手段とを備えてなるから、被加工物の膜構成のバラツキの如何にかかわらず、常に最適な加工条件下でレーザービーム加工を行うことができ、加工不足および下層の損傷がなくなること

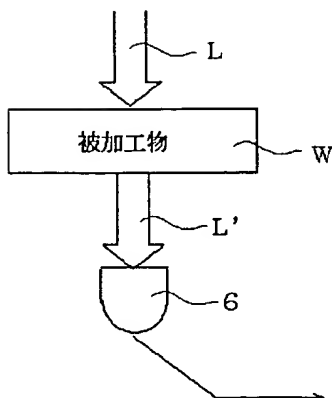
【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に係る実施例1である光起電力装置の製造装置の構成を示すブロック図である。

【図1】



【図4】



【図2】 同製造装置におけるレーザービーム照射開始時より被加工領域の除去までの時間測定手段を示すブロック図である。

【図3】 同時間測定手段により検出される測定用レーザービームMの被加工領域通過強度の信号を示す線図である。

【図4】 この発明に係る実施例2の製造装置における時間測定手段の検知部の構成を示す図である。

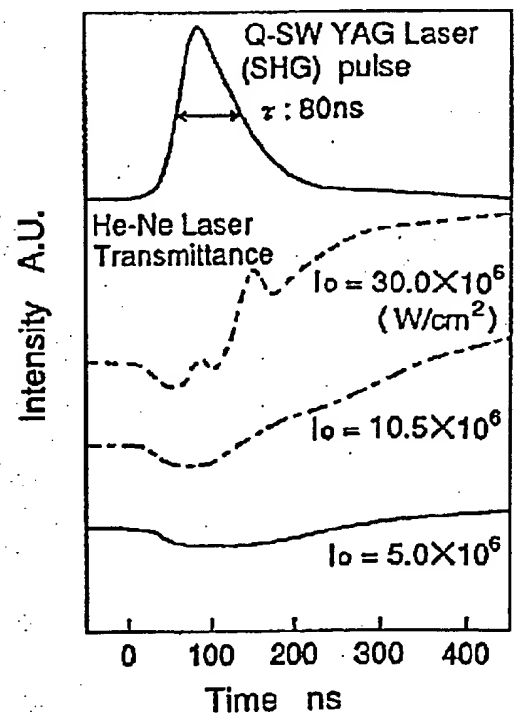
【図5】 この発明に係る実施例3の製造装置における時間測定手段の検知部の構成を示す図である。

【図6】 従来の光起電力装置の製造装置の構成を示す概略図である。

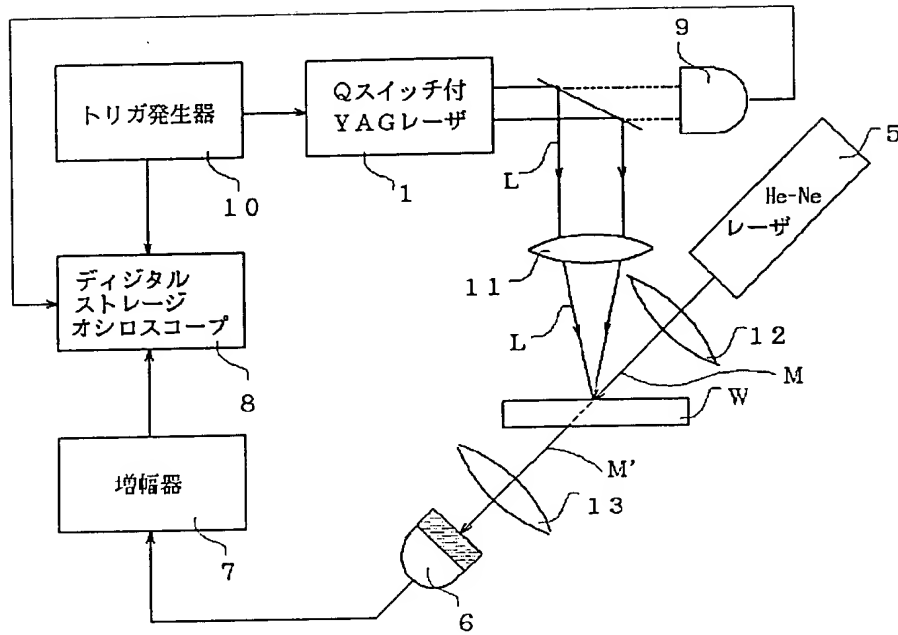
【符号の説明】

- | | |
|---|-----------------------|
| 1 | レーザー発振器 (加工用レーザー) |
| 2 | 光学系 |
| 3 | 時間測定手段 |
| 4 | 条件制御手段 |
| 5 | He-Ne レーザ (時間測定用レーザー) |
| L | 加工用レーザービーム |
| M | 測定用レーザービーム |

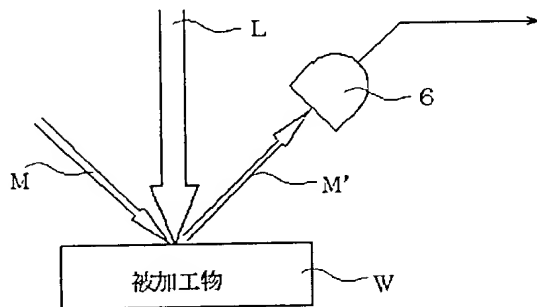
【図3】



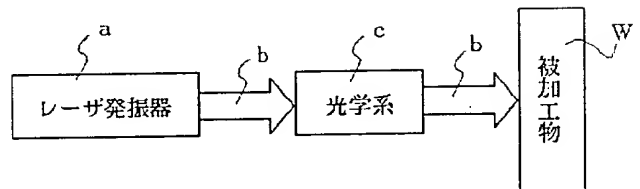
【図2】



【図5】



【図6】



Japanese Kokai Patent Application No. Hei 5[1993]-63222

Job No.: 1811-83813

Ref.: UMJ-100-A-JAPAN

Translated from Japanese by the Ralph McElroy Translation Company
910 West Avenue, Austin, Texas 78701 USA

JAPANESE PATENT OFFICE
PATENT JOURNAL (A)
KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 5[1993]-63222

Int. Cl. ⁵ :	H 01 L 31/04 21/302 H 01 S 3/00
Sequence Nos. for Office Use:	7353-4M 8934-4M 7376-4M
Filing No.:	Hei 3[1991]-253174
Filing Date:	September 3, 1991
Publication Date:	March 12, 1993
No. of Claims:	1 (Total of 5 pages)
Examination Request:	Not filed

MANUFACTURING EQUIPMENT FOR PHOTOVOLTAIC DEVICE

Inventors:	Hiroshi Hosogawa Sanyo Electric Co. Ltd. 2-18 Keihanhondori, Moriguchi-shi, Osaka-fu Seiichi Kiyama Sanyo Electric Co. Ltd. 2-18 Keihanhondori, Moriguchi-shi, Osaka-fu
Applicant:	000001889 Sanyo Electric Co. Ltd. 2-18 Keihanhondori, Moriguchi-shi, Osaka-fu
Agent:	Hiroshi Torii, patent attorney

[There are no amendments to this patent.]

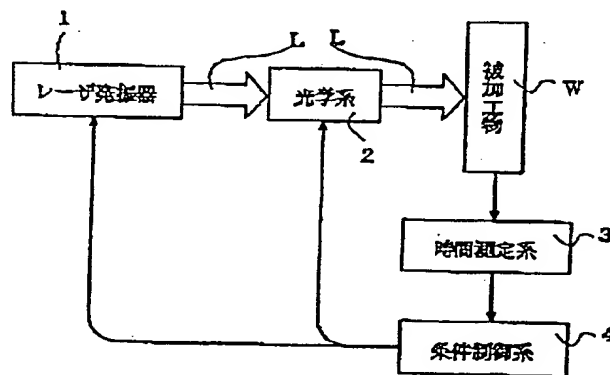
Abstract

Purpose

The purpose is to provide an apparatus for manufacturing a photovoltaic device, wherein energy beam processing can always be carried out under optimum processing conditions irrespective of the degree of variation of the film constitution of the workpiece.

Constitution

In a process in which laser beam L from laser oscillator (1) is applied to the processing region of a workpiece W via optical system (2) to remove the processing region, time-measuring means (3) normally measures the time required from the start of application of laser beam L to workpiece W until the completion of removal of the processing region. Condition control means (4) compares the measurement results of time-measuring means (3) with the preset optimum value required for the removal of the processing region, while successively changing the application conditions of laser beam L so that the conditions coincide with the optimum value. Thus, the removal of the processing region under the optimum application conditions can be realized over the entire surface of workpiece W.



Key:	W	Workpiece
	1	Laser oscillator
	2	Optical system
	3	Time-measuring unit
	4	Condition control unit

Claim

Equipment for manufacturing a photovoltaic device characterized in that the equipment is used to apply a laser beam to the processing region of a workpiece in order to remove said processing region and in that it includes a time-measuring means that measures the time from the start of application of said laser beam until the completion of the removal of said processing region, and a condition control means with which the application conditions of said laser beam can be optimized on the basis of the time measured by said time-measuring means.

Detailed explanation of the invention

[0001]

Industrial application field

The present invention pertains to equipment for manufacturing a photovoltaic device characterized by the fact that in the manufacturing process of the photovoltaic device, there is a processing step in which the processing region is removed with an energy beam, in particular, a laser beam.

[0002]

Prior art

As far as the photovoltaic device is concerned, the prior art described in Japanese Kokai Patent Application No. Sho 57[1982]-12586 discloses a method in which a laser beam is used to remove the processing region; moreover, this manufacturing method has excellent processibility. For example, Figure 6 illustrates a manufacturing device using this method.

[0003]

In this manufacturing device, laser beam (b) emitted from laser oscillator (a) passes through optical system (c) and is applied to photovoltaic device workpiece W, so that the semiconductor film or the like on said photovoltaic device workpiece W can be selectively removed. However, when the semiconductor film or the like is to be removed, it should be removed completely, and the energy density and other processing parameters should be set strictly.

[0004]

Problems to be solved by the invention

However, since the processing conditions cannot be adjusted if no adjustment means exist, the following problems arise.

[0005]

In order to remove completely that portion of the semiconductor film or the like that is to be removed without causing any damage to the semiconductor film or any underlying layer, the optimum laser beam energy and other processing parameters should be determined in accordance with the film configuration of the processing region of photovoltaic device workpiece W. On the other hand, however, film thickness, material type, and other parameters of the film configuration cannot be perfectly uniform since there will be some variation.

[0006]

Consequently, for the various processing regions of photovoltaic device W with a non-uniform film configuration, when laser processing is carried out under the same prescribed processing conditions, defects occur in the processing region due to said variations in film thickness, etc.

[0007]

For example, when a laser beam with an energy density higher than the required level is used, the layer below the desired processing region may also be removed. This is undesirable. On the other hand, if the energy density of the laser beam is below the required level, portions that should have been removed from the processing region by the laser beam may remain. All of these defects lead to degradation in the performance of the photovoltaic device.

[0008]

The aforementioned problems also occur when energy beams other than the laser beams are used.

[0009]

The purpose of the present invention is to solve the aforementioned problems of the conventional methods by providing equipment for manufacturing a photovoltaic device wherein energy beam processing can always be carried out under optimum processing conditions irrespective of the degree of variation of the film constitution of the workpiece.

[0010]

Means to solve the problems

In order to realize the aforementioned purpose, the present invention provides equipment for manufacturing a photovoltaic device characterized by the following facts: the equipment is used to apply a laser beam to the processing region of a workpiece in order to remove said

processing region; the photovoltaic device manufacturing equipment includes a time-measuring means that measures the time from the start of application of said laser beam until the completion of the removal of said processing region, and a condition control means with which the application of said laser beam can be optimized on the basis of the time measured by said time-measuring means.

[0011]

Operation

For the manufacturing apparatus of the present invention, the time-measuring means keeps measuring the time required from the start of application of the laser beam to the workpiece until the completion of the removal of the processing region. The condition control means continually compares the measurement results of said time-measuring means with a preset optimum value required for removing the processing region, and it successively changes the irradiation conditions of the laser beam to meet the optimum value. In this way, removal of the processing region under optimum irradiation condition is realized for the entire surface of the photovoltaic device.

[0012]

That is, the processing region is heated and removed by irradiation of the laser beam. In this case, when the laser beam has a higher energy density, the rate of temperature increase of the processing region becomes greater, and the processing region can be removed in a shorter time. On the other hand, if the laser beam has a lower energy density, the rate of temperature increase of the processing region becomes smaller, and the time required from the start of laser beam irradiation until the removal becomes complete beams longer.

[0013]

Consequently, according to the present invention, the time from the start of application of the laser beam until the removal of the processing region is measured, and it is determined whether the incident power density is insufficient or excessive in order to make an adjustment. In this way, a power density suitable for removal of the processing region can be realized.

[0014]

Application examples

In the following, the present invention will be explained in detail with reference to application examples illustrated by figures.

[0015]

Application Example 1

Figures 1 and 2 illustrate the configuration of the equipment for manufacturing the photovoltaic device of the present invention, wherein laser beam L is used as the energy beam. The basic constitution includes laser oscillator (1), optical system (2), time-measuring means (3), and condition control means (4) that automatically controls said laser oscillator (1) and optical system (2).

[0016]

In the example shown in the figures, a Q-switched YAG laser is used as laser oscillator (1) used for processing. The output timing of laser beam L of said laser (1) used for processing is controlled by the trigger pulses from trigger generator (10).

[0017]

Optical system (2) comprises half-mirror (11a) that reflects laser beam L output from laser (1) used for processing, and condensing lens (11b) for focusing laser beam L. Laser beam L output from said laser (1) used is reflected by said half-mirror (11a) and passes through condensing lens (11b) to irradiate workpiece W.

[0018]

Time-measuring means (3) measures the time from the start of application of laser beam L until the completion of the removal of the processing region of workpiece W. In the example shown in the figure, He-Ne laser (5) is used as the beam for time measurement.

[0019]

Laser beam M used for measurement emitted from said He-Ne laser (5) passes through condensing lens (12) and is irradiated on the processing region of workpiece W. Laser beam M passes through said processing region and condensing lens (13) and irradiates pin photodiode (6), which is equipped with a filter and is used as a detector. The signal corresponding to the irradiation intensity obtained by pin photodiode (6) is amplified by amplifier (7) and is then sent to digital storage oscilloscope (8). In this way, the time from the start of irradiation of the laser beam for processing until the completion of the removal of the processing region is measured.

[0020]

Parallel with this process, the irradiation intensity of laser beam L from said laser (1) used for processing is detected by pin photodiode (9), and the detection signal is also sent to said

oscilloscope (8). The information that appears on the display of oscilloscope (8) will be explained below.

[0021]

Condition control means (4) is used to automatically adjust the irradiating condition of laser beam L to realize optimum processing conditions of said processing region. Based on the measurement results from said time-measuring means (3), the default processing conditions are compared with the optimum irradiating condition and evaluated. Laser (1) used for processing and optical system (2) are then controlled to meet the optimum conditions.

[0022]

The parameters controlled by said condition control means (4) in the example shown in the figure include the processing speed of laser (1) used for processing, the extent to which optical system (2) is out of focus, etc. In addition, the processing conditions may also be optimized by adjusting parameters outside laser (1) used for processing and optical system (2).

[0023]

In the following, examples of the signal detected by said time-measuring means will be shown. Figure 3 is a diagram illustrating the information that appears on the display of said oscilloscope (8). It shows the intensity of laser beam L for processing that irradiates workpiece W, which has a semiconductor film formed on a transparent electrode, and the intensity of measurement laser beam M that passes through the processing region of workpiece W at that time.

[0024]

In Figure 3, I_0 represents the power density of laser beam L for processing that irradiates workpiece W. The upper, middle and lower curves respectively represent the power density above the optimum level, the optimum power density, and the power density below the optimum level with respect to the selective processing of the semiconductor film.

[0025]

Also, as shown in this figure, the intensity of He-Ne laser (5) first falls and then rises depending on the progress of the processing of the semiconductor film of workpiece W. This is due to the fact that as the semiconductor film is vaporized, the transmittance of He-Ne laser (5) decreases; and then, as the semiconductor film is removed, the transmittance of He-Ne laser (5)

risers. Consequently, by monitoring the intensity of the transmitted light of He-Ne laser (5), one can measure the time required for removing the processing region.

[0026]

The variation in the intensity of the transmitted light from He-Ne laser (5) takes place more rapidly when the power intensity of laser (1) used for processing is higher. This fact indicates that as the power density of laser (1) used for processing increases, the time required to remove the processing region decreases.

[0027]

Consequently, by adjusting the aforementioned processing conditions with the aid of said condition control means (4) so that the time for removing the processing region comes into agreement with the time at the optimum power density, one can realize processing under the optimum processing conditions irrespective of the variation in the film constitution of workpiece W.

[0028]

Laser beam L emitted from laser (laser oscillator) (1) for processing passes through optical system (2) and irradiates the processing region of workpiece W in order to remove the processing region. In this processing step, time-measuring means (3) continually measures the time from the start of irradiation of laser beam L on workpiece W to the completion of removal of the processing region. Condition control means (4) then compares the measurement results of time-measuring means (3) with the preset optimum value for removing the processing region, and determines the default processing condition. It then controls laser (1) used for processing and optical system (2) to change the irradiating conditions of laser beam L successively so that the processing conditions come into agreement with said optimum value. In this way, removal of the processing region under the optimum irradiating conditions can be carried out for the entire surface of workpiece W.

[0029]

Application Example 2

As shown in Figure 4, in this application example, time-measuring means (3) is designed to measure the intensity of laser beam L for processing that passes through the processing region of workpiece W.

[0030]

That is, on the rear side of workpiece W, pin photodiode (6) is set opposite the irradiating direction of said laser beam L. A signal corresponding to the transmitted portion of said laser beam L through the processing region is sent to oscilloscope (8) shown in Figure 2. In this way, it is possible to measure the time from the start of irradiation of the laser used for processing to the removal of the processing region. Otherwise, the constitution is the same as that of Application Example 1.

[0031]

Application Example 3

As shown in Figure 5, in this application example, time-measuring means (3) has a constitution in which the intensity of laser beam M used for measurement reflected from the processing region of workpiece W is measured.

[0032]

That is, laser beam M used for measurement is irradiated obliquely from above said processing region. On the other hand, pin photodiode (6) is set opposite the reflecting direction of laser beam M used for measurement with respect to workpiece W. Then, along with the removal of the processing region by laser beam L used for processing, the signal corresponding to the reflected portion of said laser beam M used for measurement is sent from pin photodiode (6) to oscilloscope (8) shown in Figure 2, and the time from the start of the laser used for processing to removal of the processing region is measured. Otherwise, the constitution is the same as that of Application Example 1.

[0033]

Effect of the invention

As explained in detail above, according to the present invention, a time-measuring means that measures the time from the start of irradiation of the laser beam until the completion of the removal of the processing region is used. Also, there is a condition control means that optimizes the irradiating conditions of the laser beam on the basis of the time measured by the time-measuring means. Consequently, irrespective of the variation of the film constitution of the workpiece, it is always possible to manufacture a photovoltaic device with stable characteristics, as laser beam processing can be performed under optimum processing conditions at all times and thus no excessive or insufficient processing that causes damage to the underlying layer will occur.

Brief description of the figures

Figure 1 is a block diagram illustrating the constitution of the equipment for manufacturing the photovoltaic device in Application Example 1 of the present invention.

Figure 2 is a block diagram illustrating the time-measuring means that measures the time from the start of the laser beam irradiation until the removal of the processing region of said manufacturing apparatus.

Figure 3 is a block diagram illustrating the measuring laser beam M intensity signal after passing through the processing region as detected by said time-measuring means.

Figure 4 is a diagram illustrating the constitution of the detection portion of the time-measuring means of the manufacturing apparatus of Application Example 2 of the present invention.

Figure 5 is a diagram illustrating the constitution of the detection portion of the time-measuring means of the manufacturing apparatus in Application Example 3 of the present invention.

Figure 6 is a schematic diagram illustrating the constitution of a conventional apparatus for manufacturing photovoltaic devices.

Brief description of the reference numbers

- 1 Laser oscillator (laser used for processing)
- 2 Optical system
- 3 Time-measuring means
- 4 Condition control means
- 5 He-Ne laser (time-measuring laser)
- L Laser beam used for processing
- M Laser beam used for measurement

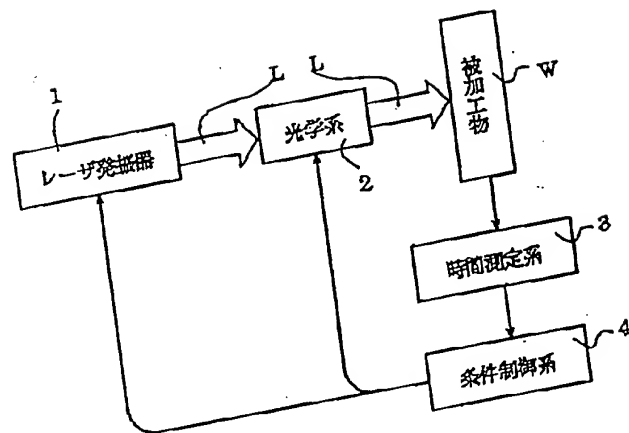


Figure 1

Key: W Workpiece
 1 Laser oscillator
 2 Optical system
 3 Time-measuring unit
 4 Condition control unit

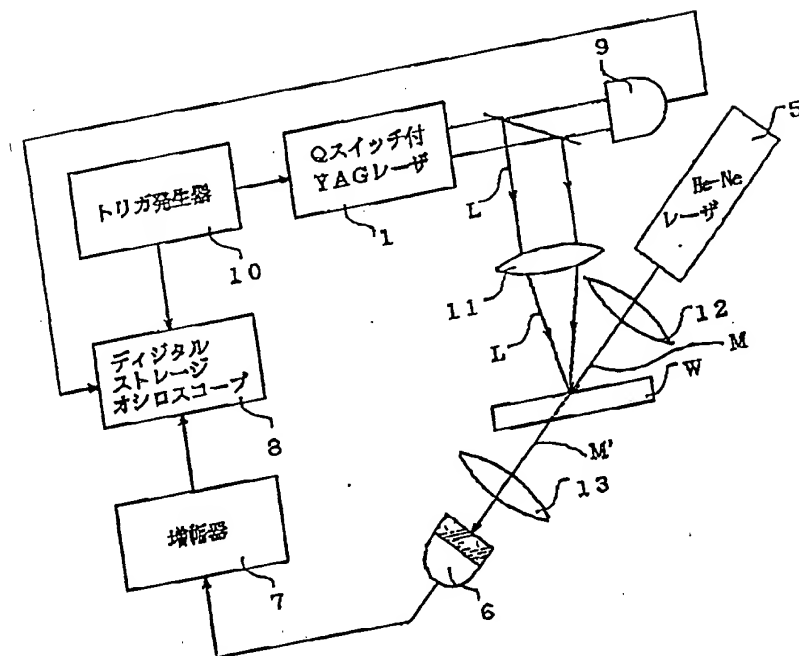


Figure 2

- Key: 1 Q-switched YAG laser
 5 He-Ne laser
 7 Amplifier
 8 Digital storage oscilloscope
 10 Trigger generator

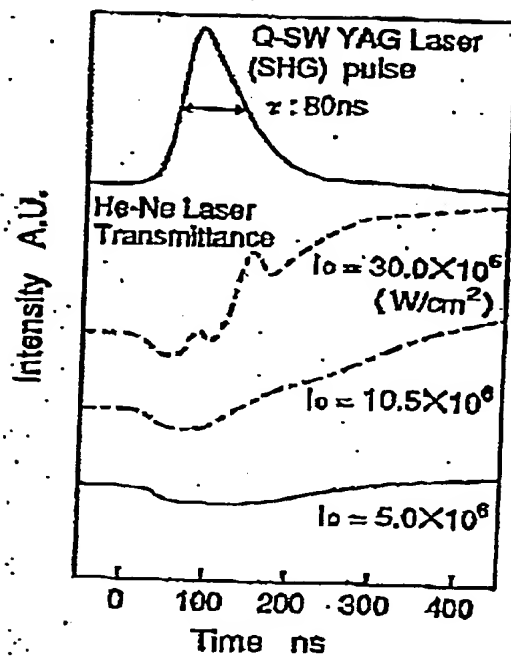


Figure 3

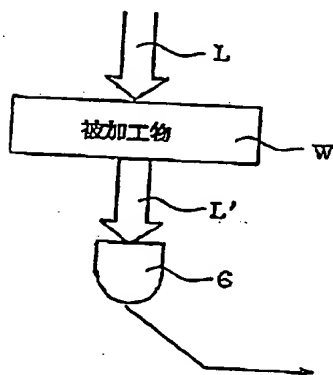


Figure 4

Key: W Workpiece

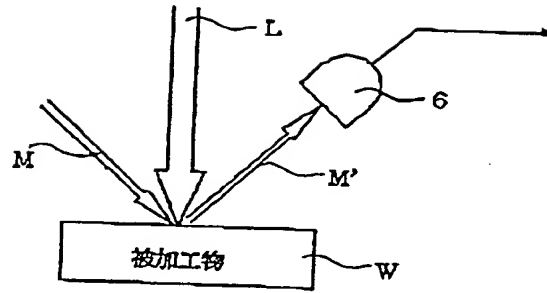


Figure 5

Key: W Workpiece

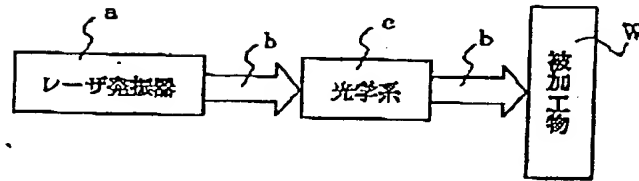


Figure 6

Key: a Laser oscillator
c Optical system
W Workpiece